

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y DESARROLLO VEGETATIVO DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L) Y LECHUGA (*Lactuca sativa* L) CULTIVADAS CON TÉCNICAS DE AGRICULTURA LIMPIA EN LA REGION DE CHAPETON-MUNICIPIO DE IBAGUÉ"

Katherine Fernández y Elizabeth Murillo

Laboratorio de Fitoquímica. Departamento de Química. Universidad del Tolima

RESUMEN

En este estudio se determinó el desarrollo vegetativo de *Daucus carota* L. (zanahoria) y *Lactuca sativa* L. (lechuga), cultivadas con técnicas de agricultura limpia y técnicas convencionales, teniendo en cuenta el número de hojas y el peso de biomasa fresca y seca. Para la zanahoria se estableció el ancho y largo de la raíz y en el caso de la lechuga se midió el ancho y largo de las hojas y la altura de la planta. Se evaluó la calidad nutricional de las dos hortalizas y se analizó la presencia de pesticidas en las plantas cultivadas con las dos técnicas de agricultura. La investigación demostró que la lechuga cultivada con técnicas de agricultura limpia requiere mayor tiempo para alcanzar su desarrollo óptimo que la producida con métodos convencionales; en tanto que la técnica aplicada no influye en el tiempo de desarrollo de la zanahoria. El método de producción de las hortalizas no genera diferencias significativas entre los grupos de nutrientes analizados, salvo el contenido de fibra bruta. La retención de pesticidas fue notoria en la zanahoria de cultivos convencionales. El estudio permitió además, capacitar la población estudiantil del Cañón del Combeima (Ibagué - Tolima) en las temáticas relacionadas con la agricultura limpia, con el propósito de contribuir al mejoramiento de su calidad de vida.

Palabras clave: agricultura limpia. Zanahoria. Lechuga. *Daucus carota*. *Lactuca sativa*

*Laboratorio de Fitoquímica. Departamento de Química. Universidad del Tolima. TeleFax (8) 2669274. E-mail: emurillo8@hotmail.com

ABSTRACT

In this study, the vegetative development of *Daucus carota* L. (carrot) and *Lactuca sativa* L. (lettuce), cultivated with techniques of clean agriculture and conventional techniques, was determined taking into consideration the number of leaves and the weight of fresh and dry biomass of the samples. For *Daucus carota* L, the width and length of the root were established, and for *Lactuca sativa* L, the length and width of the leaves, and the height of the plant. The nutritional quality of both vegetables was evaluated and the presence of pesticides in the plants cultivated with the two different agricultural techniques was analyzed. The research demonstrated that the lettuce cultivated with the technique of clean agriculture requires more time to reach its optimal development than the lettuce cultivated with conventional methods; meanwhile the technique applied for *Daucus carota* L, has no influence on its time of development. The method of production of the vegetables does not generate significant differences among the group of nutrients that were analyzed, except for the content of gross fiber. The pesticide retention was prominent in the carrot cultivated by conventional techniques. Additionally, the study permitted to instruct the student population of the Canyon of Combeima (Cañón del Combeima, Ibagué-Tolima) in the topics related to the clean agriculture, with the purpose of contributing to the betterment of the quality of life.

Key words: clean agricultural technique. Carrot. Lettuce. *Daucus carota*. *Lactuca sativa*.

INTRODUCCION

La agricultura limpia busca aumentar la eficiencia de los recursos naturales básicos, preservándolos y disminuyendo el uso y el consumo de sustancias químicas tóxicas para el medio ambiente, el hombre y las plantas; de otra parte, garantiza la seguridad alimentaria de los habitantes de una región; su utilización beneficia la estructura física del suelo, su actividad biológica, la fuente de nutrientes y además resulta favorable para las plantas, que son el producto de las interacciones entre los diversos factores que componen la vida y la funcionalidad del suelo.

Procesos biotecnológicos, tales como la agricultura limpia, han sido escasos en la región del Cañón del Combeima (Ibagué), poco prometedores y sin fuentes de financiación serias y comprometidas con el desarrollo de dichas

comunidades; su funcionalidad, perspectivas y aportes socioeconómicos a la productividad de los campos ha sido igualmente pobre.

Sobre la base de que en este sector del municipio de Ibagué, eminentemente agrícola, se destaca el cultivo de las hortalizas como uno de los productos promisorios, este estudio buscó implementar técnicas de agricultura limpia aplicables en cultivos propios o introducidos, brindando a la comunidad del Cañón del Combeima una alternativa para la producción de un cultivo tradicional en la zona, el aprovechamiento de las tierras y de la disposición de los recursos naturales con el objeto de mejorar la calidad de vida de la población, tratando de contribuir a la solución de problemas de los pequeños agricultores de la región a través

de la innovación tecnológica de una práctica sencilla, fácil de aplicar, con perspectivas económicas y que les permita a los pobladores acceder a productos de gran calidad desde el punto de vista fitosanitario, sin residuos químicos, y lo más importante, respetando el ambiente.

PARTE EXPERIMENTAL

Material Vegetal

Se utilizaron semillas de zanahoria variedad Royal Chantenay (Lote 4822) y semillas de lechuga variedad Grandes Lagos 118 (Lote 7892) producidas por "SEEDS".

METODOLOGÍA

Área de Estudio

El trabajo se dividió en tres fases: la primera se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Técnico Agrícola Mariano Melendro del Cañón del Combeima-Ibagué (área urbana del municipio de Ibagué, 1250 m.s.n.m, temperatura promedio 22.2°C y 70% de humedad relativa), donde se realizó el cultivo de los vegetales y la preparación de los biofertilizantes; la segunda etapa efectuada en los Laboratorios del Departamento de Química de la Universidad del Tolima, incluyó el análisis de pesticidas y bromatológico de los vegetales cultivados y el análisis de suelos y de aguas; en la tercera fase se capacitó en agricultura limpia a la población estudiantil y de profesores del Instituto Técnico Agrícola Mariano Melendro y del Instituto Técnico Ambiental del Cañón del Combeima.

TRABAJO DE CAMPO

Adecuación y mantenimiento de los lotes

Los lotes para los cultivos se limpiaron y adecuaron, posteriormente se tomaron muestras de suelo para el correspondiente análisis de laboratorio siguiendo la metodología del IGAC (1). Una muestra de agua, con la que se prepararon los biofertilizantes y el compost y se regaron los cultivos, se sometió a análisis físico-químico (2, 3).

En el lote de técnicas de agricultura limpia se construyó un vivero (armazón construido de postes de guadua) con dimensiones de 6.50 m de largo x 4.50 m de ancho x 2.50 m de alto, el cual sostenía la tela de sombrero de 60%.

Tanto en el lote de agricultura limpia como en el de agricultura convencional se construyeron 4 eras de 3.30 m de largo x 1 m de ancho cada una, dejando una distancia de 0.50 m entre eras, 0.40 m entre surco y surco y marcando los surcos a 0.30 m del borde de las eras.

Preparación de biofertilizantes

El "Fermentado de estiércol de vaca o biofertilizante anaeróbico" (disminuye el tiempo del cultivo para llegar a su máximo de productividad), el "Caldo super magro" (aportante de elementos menores), el "Humus líquido" (activador de los microorganismos del suelo) y el compost (equilibra la relación C/N), fueron preparados siguiendo las recomendaciones de Ramírez (4 - 8). El caldo super magro, el biofertilizante y el humus líquido anaeróbico se diluyeron en agua en propor-

ción 1:20, 3:20 y 1:10, respectivamente (biofertilizante/agua); se aplicaron al 100% con intervalos de 8 días durante el tiempo de desarrollo de los cultivares.

Incorporación de compost y fertilizante químico a las eras

Se realizó un riego antes y después de la incorporación de los respectivos fertilizantes, para asegurar la asimilación de éstos por el suelo. El compost de 30 días de maduración se adicionó a las eras de agricultura limpia mediante un arado suave del terreno y a una profundidad máxima de 0.20 m, protegiéndolo con la misma tierra sacada del surco.

A una profundidad de 0.10 m se aplicó el fertilizante químico NPK (10:30:10) en las eras de agricultura convencional, utilizando el procedimiento anterior.

Siembra de hortalizas

Luego de 8 días de incorporado el fertilizante, se realizó la siembra directa de las semillas de lechuga y zanahoria a una profundidad máxima de 0.01 m. Las distancias de siembra fueron 0.20 m para lechuga entre plantas del mismo surco y a 0.40 m entre surco y surco; la zanahoria se sembró a 0.15 m entre plantas del mismo surco y a 0.20 m entre surco y surco.

Control de insectos

El manejo de los insectos-plaga del cultivo de lechuga y zanahoria, producidas con técnicas de agricultura convencional, se controló con Malathion, (insecticida de amplio espectro); se aplicó el producto una sola vez al 0.2% (2.5 L

de mezcla por era de cultivo). Para el control de insectos en los cultivos de las hortalizas producidas con técnicas de agricultura limpia, se utilizó infusión de ortiga (*Urtica urens* L.) en agua (1:4), dejando fermentar el preparado por espacio de 24 horas. La aplicación se realizó a los cultivos en forma foliar al 100%.

Trabajo de laboratorio

A 5 plantas de lechuga escogidas al azar en cada era se les determinó cada 15 días el alto de la planta, el número de hojas y el largo y el ancho de las mismas. El desarrollo vegetativo de la zanahoria se evaluó teniendo en cuenta el número de hojas y el largo y ancho de la raíz. A ambos cultivares se les determinó el peso de biomasa fresca y seca.

Para la evaluación del valor nutricional de la lechuga y la zanahoria se realizó un análisis bromatológico siguiendo las recomendaciones dadas por la literatura (3, 9, 10).

La presencia de pesticidas en los cultivos se evidenció por el método de cromatografía de capa delgada (CCD), utilizando cromatofolios de sílica gel G como fase estacionaria, diclorometano/metanol (7:3) fue el eluyente, y se reveló con luz UV.

Capacitación de la población

Se capacitó la población en aplicación de técnicas agrícolas de producción limpia, partiendo de los conceptos básicos utilizados en este tipo de labor hasta las técnicas de manejo de los diferentes subsistemas que componen las técnicas de agricultura limpia.

Método estadístico

La significancia estadística entre el peso fresco y seco de la raíz de la zanahoria, el número de hojas de la planta y el ancho y largo de la raíz de la hortaliza desarrollada mediante las dos técnicas de agricultura, se determinó a través un "ANOVA"; un MANOVA correlacionó las variables.

Teniendo en cuenta que MANOVA no informa cuál de las técnicas de agricultura aplicadas permitió un mejor desarrollo vegetativo del cultivo, se realizó un "análisis de componentes principales". Esta técnica multivariada de dimensión reducida trata de explicar los cambios de un conjunto de variables originales en unos pocos factores (F1-F4), los cuales absorben la mayor variabilidad que ofrecen las dos técnicas

de agricultura utilizadas. El desarrollo vegetativo de la lechuga se estableció mediante los métodos de análisis estadístico mencionados anteriormente. La variable respuesta en ambos casos fue: el peso fresco y seco de la planta, el número de hojas, el largo y ancho de las hojas y el alto de la planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo vegetativo

La tabla 1 deja ver los resultados obtenidos en la determinación de las variables que permitieron evaluar el desarrollo vegetativo de *D. carota* y *L. sativa*. *Se observa que la lechuga desarrollada con técnicas de agricultura convencional mostró plantas con un mayor desarrollo, comparadas con las producidas en el cultivo de agricultura limpia.*

Tabla 1. Datos promedio de las variables de medida del desarrollo vegetativo en el cultivo de las hortalizas producidas con dos técnicas de agricultura.

VARIABLES	AGRICULTURA LIMPIA	AGRICULTURA CONVENCIONAL
LECHUGA		
Número de Hojas	13,6	14,4
Largo de la Hoja (cm)	14,54	18,17
Ancho de la Hoja (cm)	12,52	16,01
Alto de la Planta (cm)	16,82	20,05
Peso de biomasa fresca (g)	141,29	151,60
Peso de biomasa seca (g)	11,74	10,51
ZANAHORIA		
Número de Hojas	14,7	12,1
Largo de la Raíz (cm)	10,3	9,85
Ancho de la Raíz (cm)	4,6	4,36
Peso de biomasa fresca (g)	93,18	79,06
Peso de biomasa seca (g)	8,40	7,74

Sin embargo el ANOVA demostró, con un nivel de confianza del 95%, que el promedio de número de hojas por planta de lechuga no es significativo por técnica de agricultura utilizada ($P > 0.05$). El alto de la planta, ancho y largo de la hoja resultaron diferentes por técnica de agricultura aplicada ($P < 0.05$). El mismo análisis aplicado al peso de biomasa fresca, evidenció que no existe diferencia significativa entre las plantas cultivadas por un método u otro, en tanto que el método de cultivo para la producción de lechuga no está relacionado con el peso de la biomasa fresca de esta planta.

Al analizar en forma simultánea las variables anteriores a través de una MANOVA, se encontró que existe diferencia significativa entre la configuración física de la lechuga respecto a la técnica de producción agrícola utilizada ($P < 0.05$).

Dado que el factor F_1 es el que más absorbe información (aproximadamente el 84%) de las cuatro variables originales (número de hojas, largo y ancho de la hoja y alto de la planta), es sobre este factor que se diseñó un análisis de varianza de una vía a fin de comprobar qué técnica de cultivo fue la más significativa. Se comprobó que las dos técnicas agrícolas aplicadas para la producción del cultivo de lechuga son diferentes y que la técnica de agricultura convencional es la más significativa estadísticamente (ver figura 1).

En relación al cultivo de zanahoria, la tabla 1 insinúa que se produjeron plantas con un mayor desarrollo vegetativo al someterlas a técnicas de agricultura limpia comparadas con los vegetales desarrollados por la otra técnica.

Un ANOVA evidenció que sin importar la labor cultural utilizada, no se tendrá un valor diferenciado en cuanto al ancho y largo de la raíz de la hortaliza, así como también el número de hojas ($P > 0.05$). No obstante, se demostró que las plantas del cultivo de agricultura limpia son diferentes a las desarrolladas con técnicas de agricultura convencional en lo referente al peso de biomasa fresca, y que la agricultura limpia genera plantas con mejor peso de biomasa fresca que las producidas con técnicas de agricultura convencional.

El peso de biomasa seca es igual en vegetales desarrollados por cualquiera de las dos técnicas. El análisis multivariado por técnica de agricultura aplicada para la producción de la zanahoria, comparando de forma simultánea las variables en cuestión, concluyó que existe diferencia significativa entre la configuración física de la zanahoria con relación a la técnica de agricultura utilizada para la producción del cultivo ($P < 0.05$). El Análisis de Componentes Principales comprobó que la técnica de agricultura limpia es la más significativa estadísticamente, tal como lo ilustra la figura 2.

Presencia de pesticidas

El análisis de Cromatografía en Capa Delgada (CCD) aplicado a las plantas de lechuga cultivadas con la técnica de agricultura convencional no mostró retención del pesticida aplicado (Malathion) contra los insectos plaga del cultivo, situación posiblemente justificada por la época de lluvia en la que se aplicó el tratamiento. Un lavado de las hojas pudo provocar que el compuesto no fuera absorbido por el vegetal y por

Figura 1. Mapa de las variables originales del cultivo de lechuga aplicando dos técnicas de agricultura, respecto a F_1 y F_2

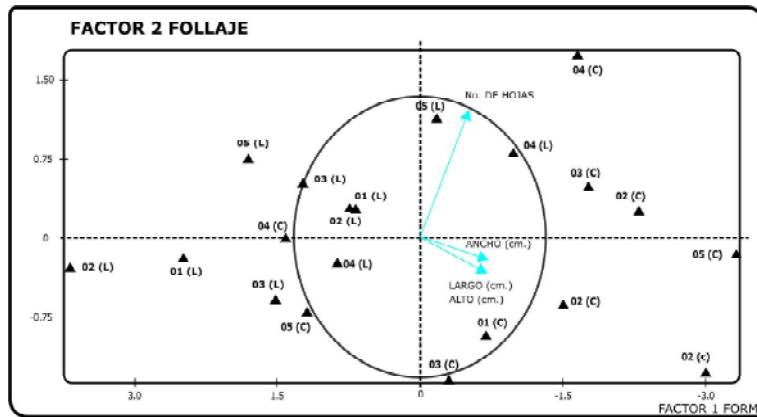
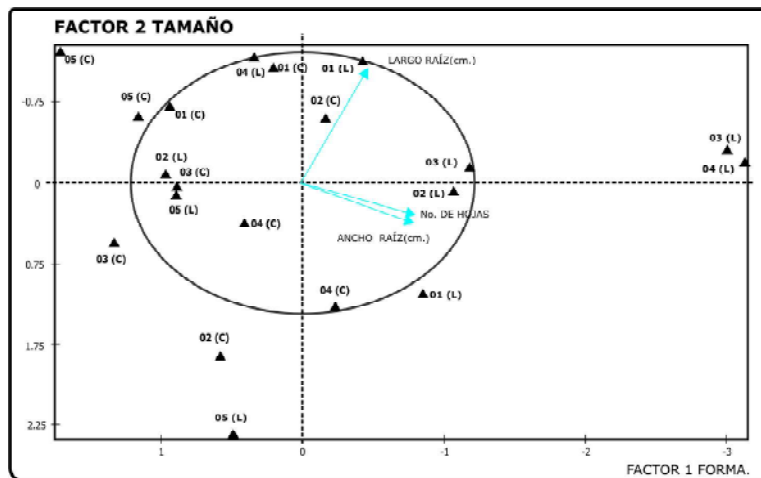


Figura 2. Mapa de las variables originales del cultivo de zanahoria aplicando dos técnicas de agricultura, respecto a F_1 y F_2



ende no detectable. Contrario a lo anterior, las plantas de zanahoria cultivadas con técnicas de agricultura convencional dejaron ver la presencia del insecticida.

Según cálculos de la OMS, si se impidiera el uso de plaguicidas o herbicidas, el precio de los alimentos aumentaría en más del 70% en los países avanzados y se incrementaría el hambre en el mundo

en proporciones alarmantes y catastróficas (11); no obstante los productos químicos utilizados actualmente para combatir plagas o arvenses tienen grandes inconvenientes, por su toxicidad o por los daños ecológicos que producen. Así pues, son necesarias medidas para disminuir el riesgo y desarrollar nuevas tecnologías.

Una disposición inmediata es educar al agricultor para que no use sobredosis

de agroquímicos, otro medio de lucha se basa en el uso de productos que atraen específicamente a determinados insectos nocivos, llevándolos a superficies donde pueden ser destruidos por diferentes medios; otro camino es la aplicación de técnicas de "lucha integrada" que combina métodos biológicos con tratamientos que utilizan cantidades mínimas de plaguicidas o herbicidas. El agricultor no adoptará nuevos métodos sin una educación previa y sólo cuando el balance económico "costo/beneficio" mejore o se mantenga.

Calidad nutricional

La calidad nutricional de las hortalizas se evaluó mediante un análisis bromatológico, en donde se expresa, en términos de porcentaje, la cantidad de un tipo de nutriente en la muestra analizada. La tabla 2 muestra los resultados promedio de tres réplicas en cada determinación. El nitrógeno se evaluó tomando a la glicina como patrón de referencia. Como se ve en la tabla no existe diferencia significativa entre el tipo de nutrientes analizados y la técnica de producción del vegetal aplicada, con excepción de la fibra.

El contenido alto de humedad en las dos hortalizas parece corresponder a lo esperado, dado que se trata del componente más abundante en los vegetales, pudiendo en ocasiones alcanzar valores hasta del 96% del peso total del producto. No obstante, debe tenerse en cuenta que el contenido máximo en agua experimenta variaciones, entre diversos individuos, las cuales son provocadas por sutiles diferencias derivadas de las condiciones de cultivo, que inducen a su vez, modificaciones estructurales. Esta agua,

además de servir de disolvente a algunos nutrientes, de medio de dispersión para otros, le da al vegetal, junto con cantidades menores de proteína, grasa o almidones de reserva, turgencia y jugosidad a las membranas celulares, lo que resulta de gran importancia en las características organolépticas del producto (12, 13). Cabe mencionar que el agua detectada en un tejido vegetal, depende del equilibrio entre la cantidad de agua absorbida a través de las raíces y la cantidad de agua perdida por transpiración a través principalmente de las hojas (13).

En contraposición al contenido de humedad, las verduras regularmente evidencian contenidos bajos de ceniza, grasa, proteína y fibra. Las divergencias entre nuestros resultados y los del ICBF que muestra la tabla 2, podrían explicarse teniendo en cuenta que estos últimos valoran sólo la parte comestible, en tanto que en este trabajo se analizó el producto vegetal completo (hojas, tallos y raíz); esto conduce a una detección global de minerales (cenizas), una fibra afectada por compuestos del tipo celulosa, lignina y suberina, entre otros, que hacen parte del tallo y la raíz, y a un extracto etéreo que muestra, además de la grasa, todo el material lipídico soluble en el solvente orgánico utilizado (éter de petróleo).

El contenido protéico de las verduras suele ser muy bajo, raras veces superior al 1.5 % (12), por lo que puede pensarse que no son grandes aportantes de proteínas. De otra parte, debe tenerse en cuenta que una buena proporción del dato reportado como proteína corresponde en realidad a sustancias nitrogenadas no protéicas, esta fracción la forman principalmente aminoácidos libres y algunas ami-

Tabla 2. Determinación de la composición nutritiva de las hortalizas cultivadas con dos técnicas de agricultura

Determinaciones (%)	Agricultura Limpia	Agricultura Convencional	ICBF (10)
LECHUGA			
Humedad	90.88	91.55	95.1
Cenizas	19.84	18.14	0.7
Proteína	13.15	21.85	1.1
Extracto etéreo	3.33	3.85	0.2
Fibra cruda	12.13	8.54	1.0
ZANAHORIA			
Humedad	89.92	90.92	88.9
Cenizas	10.59	9.90	0.8
Proteína	6.06	6.47	0.7
Extracto etéreo	2.82	3.19	0.1
Fibra cruda	11.71	8.77	1.1

Fuente: los autores – tabla de composición de alimentos colombianos/2000

nas que pasan a ser los principales compuestos sólidos de la proteína del tejido del citoplasma de las células vivas, pudiéndoseles entonces considerar como componentes estructurales (13).

Para el caso de este nutriente, la tabla 2 deja ver valores que pudieran calificarse como "anormales", valor que podría explicarse en un nitrógeno no proteico, pero que sin embargo afecta en gran manera el cálculo de proteína.

Pese a que la proteína estructural no es detectable a través de la determinación de fibra, su presencia se evidencia en la envoltura que cubre los vegetales; importa mencionar que las hortalizas analizadas mostraron solidez y resistencia en sus partes externas a lo cual pudo contribuir no sólo el material fibro-

so sino además el nitrógeno no proteico, sin olvidar que se analizó el vegetal completo.

El estudio demostró que *Lactuca sativa* L., variedad Grandes Lagos, cultivada con técnicas de agricultura limpia requiere tiempos superiores a los empleados por el mismo vegetal desarrollado bajo condiciones agrícolas convencionales, para alcanzar un desarrollo vegetativo óptimo; sin embargo, la técnica de cultivo aplicado a *Daucus carota* L., variedad Chantenay, no parece influir en el tiempo utilizado por la planta para lograr el mismo efecto. Ni *D. carota* ni *L. sativa* muestran diferencias significativas en su valor nutricional al cultivarse con técnicas de agricultura limpia o convencional, excepto en el contenido de fibra bruta. El trabajo igualmente evidenció que los productos agrícolas ob-

tenidos con técnicas de agricultura limpia son comparables a los producidos con metodologías convencionales en relación a la calidad nutricional, adicionalmente tienen valor agregado por cuanto no contienen residuos de pesticidas. Este traba-

jo se constituye en un modelo de investigación para lograr la capacitación de una comunidad escolarizada y no-escolarizada a través de conferencias y de procesos prácticos llevados a la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Àlvaro. Agricultura Sustentable en el Trópico: Principios, estrategias y prácticas. Armero – Guayabal: /s.n./, 2000.

ACEVEDO, Àlvaro. Elaboración de Purines e Hidrolatos. Proteja sus cultivos de Plagas y Enfermedades. 2001. Armero-Guayabal: Aldeas Infantiles SOS Colombia. (Cartilla de Agroecología; No. 13)

ALTIERI, Miguel. Agroecología: Bases científicas de la agricultura alternativa. Berkeley : Universidad de California, 1983.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Stándar methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Ottawa: AWWA, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of A.O.A.C. 14 Ed. Washington D.C.: A.O.A.C. , 1984.

BERNAL DE RAMIREZ, Inés. Análisis de Alimentos. Santa Fe de Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1994. (Colección Julio Carrizosa Valenzuela; No. 2.)

CHAPMAN, Stephen R.; CARTER, Lark P. Producción Agrícola: principios y prácticas. Zaragoza: Editorial Acribia, 1976.

DUCKWORTH, R. B. Frutas y verduras. Zaragoza : Librería General, 1968.

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. 6 ed. Santa Fe de Bogotá: ICBF, 2000. 95 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos. 5 ed. Bogotá : Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 1990.

KAIRUZ DE CIVETTA, Luz Angela. Introducción al estudio de la composición de los alimentos. Colección Julio Carrizosa Valenzuela No. 10. Bogotá: Academia colombiana de Ciencias exactas, Físicas y Naturales, 2002.

RAMÍREZ, Gustavo. Agricultura orgánica. Insecticidas y fungicidas biológicos. Control biológico, abonos y caldos microbiológicos. 5 ed. Buga : Impretec Ltda.

YUFERA, Eduardo Primo. Ecología Química. Nuevos métodos de lucha contra insectos. 1991. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.